ÜBER ZERFALLSPRODUKTE DES RADIUM F.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FAKULTÄT

DER

VEREINIGTEN FRIEDRICHS-UNIVERSITÄT
HALLE-WITTENBERG

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

VORGELEGT VON

WERNER KUNZE
AUS EISLEBEN.

HALLE A. S.
DRUCK VON ERNST SCHNEIDER, EISLEBEN.
1914.

Referent: Geh. Reg.-Rat Professor Dr. Dorn.

Tag der mündlichen Prüfung: 1. August 1913.

Meinen lieben Eltern.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

1. Einleitung: Zweck der Untersuchungen 7
2. Versuchsmaterial 8
3. Versuchsanordnung 10
   a. Aktivierungsversuche 10
   b. Aktivitätsmessungen 11
4. Ergebnisse 14
   a. Einzelversuche 14
   b. Zusammenstellung der Versuche 26
5. Zusammenfassung 36

1. Einleitung.

Zweck der Untersuchungen.

In den Jahren 1910 und 1911 waren von Herrn Dr. Demmler[1]) im hiesigen physikalischen Institute Versuche angestellt worden, die die Existenz von noch unbekannten radioaktiven Substanzen in der Uran-Radiumfamilie hinter dem Ra F wahrscheinlich machten.

Beim Gegenüberstellen von einem mit Ra F überzogenen Platinblech und einer inaktiven Messingplatte bei Atmosphärendruck und 5 mm Plattenabstand wurden nach Beendigung der Exposition (nach 34 bezw. 14 Tagen) Aktivitäten beobachtet, die annähernd der benutzten Ra F-Menge und der Expositionszeit proportional waren. Die Aktivität dreier solcher Präparate wurde etwa 90 Tage lang beobachtet und in naher Übereinstimmung eine Abklingungskonstante von etwa $1{,}3.10^{-7}$ sec^{-1} festgestellt, die einer Halbwertszeit von ungefähr 60 Tagen entspricht.

Auf Anregung von Herrn Professor Dorn versuchte ich nun, auf ähnlichem Wege stärkere Aktivitäten als die bis dahin gefundenen zu erhalten, um dadurch die Abklingungskonstante der neuen Substanz genauer feststellen und die Abstammung vom Ra F einwandfrei nachweisen zu können. Es wurden zu diesem Zwecke die Versuchsbedingungen mannigfach variiert, doch gelang es bisher nicht, Aktivitäten zu bekommen, die die Luft doppelt so stark wie die durchdringende Strahlung auf der Erdoberfläche ionisierten. Das

[1]) Demmler, Hallenser Dissertation 1912.

stärkste Präparat zeigte bei 75 cm Kapazität $2{,}4 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ Aufladung, während alle übrigen Präparate die natürliche Aufladung von etwa $1{,}2 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ nicht erreichten. Bei den Aktivierungsversuchen wurden der Plattenabstand, der Luftdruck und die Expositionsdauer variiert. Ein Luftdruck von weniger als 2 mm Hg wurde nicht benutzt, da nach den Versuchen von Demmler beim Vakuum einer Quecksilberluftpumpe auch Ra F auf die Sekundärplatte gelangte. Ferner wurde mit einem elektrischen Felde (verschiedene Richtungen) und ohne ein solches gearbeitet. Die Intensität der benutzten Ra F-Präparate schwankte zwischen 0,48 und 3,2 ESE pro Sekunde Sättigungsstrom, also zwischen ziemlich weiten Grenzen. Es sei hier bemerkt, daß in dieser Arbeit eine vorhande Ra F-Menge stets nach der Größe des Sättigungsstromes in ESE (CGS) angegeben wird, den sie liefert, wenn sie in dünner Schicht auf einem kreisförmigen Blech von 2 cm Durchmesser gleichmäßig verteilt ist.

Daß es nicht gelang, eine starke Sekundärplatte zu erhalten, scheint in der Natur der Substanz zu liegen, die im Verhältnis zu anderen auf diese Weise erhaltenen Produkten nur sehr wenig aktiv ist.

---

2. Versuchsmaterial.

Die Akademie der Wissenschaften in Wien stellte in liebenswürdiger Weise etwa 300 ccm einer konzentrierten Radiobleiacetatlösung zu den Untersuchungen zur Verfügung. Aus dieser Lösung wurde nach der Methode von St. Meyer und E. v. Schweidler[1]) bei einer Stromdichte von $4 \cdot 10^{-6}$ Ampere pro cm² das Ra F auf einer kreisrunden Platinblechkathode von 2 cm Durchmesser elektrolytisch abgeschieden.

---

[2]) St. Meyer u. E. v. Schweidler, Wiener Anzeiger 1906, S. 161.

Die Stromdichte wurde sorgfältig kontrolliert, um sicher zu sein, nur Ra F auf der Kathode zu erhalten. Nach diesem Verfahren wurden mehrere Ra F-Präparate hergestellt. Zwei schon vorhandene Präparate, Ra F 2 und Ra F 3, die bei einem Vorversuch keine merkliche Aktivität erzeugten, wurden zu späteren Versuchen nicht benutzt, wohl aber das auch schon vorhandene Präparat Ra F 4.

Ra F-Präparat	Radiobleilösung	Dauer der Elektrolyse
Ra F 4	I.	—
Ra F 5	I.	27. II. 12 bis 19. III. 12
Ra F 6	I.	27. III. 12 bis 22. IV. 12
Ra F 7	II.	29. XI. 12 bis 9. I. 13

Die Zeit der Herstellung der Ra F-Präparate ist aus vorstehender Tabelle zu ersehen. Ra F 2 bis Ra F 6 waren aus Lösung I (100 ccm) gewonnen. Aus dieser Lösung hatte sich früher nach Verdünnen und Wiedereinengen ein unlöslicher Niederschlag gebildet, in dem Spuren von Ra nachgewiesen werden konnten. Jedoch scheint das Ra D dabei nicht vermindert worden zu sein, denn die späteren Elektrolysen zeigten eine ähnliche Ausbeute an Ra F wie die früheren. Zur Herstellung von Ra F 7 wurde die Lösung II (200 ccm) benutzt, die bis dahin noch keiner Elektrolyse unterworfen gewesen war.

Die Aktivität der Ra F-Präparate wurde sofort nach der Elektrolyse gemessen und dann von Zeit zu Zeit kontrolliert. Die Abnahme stimmte innerhalb der Versuchsfehler mit der theoretischen überein. Absorptionsmessungen ergaben, daß eine Aluminiumschicht, die einer 4 cm dicken Luftschicht von Atmosphärendruck entspricht, die Ionisation auf ein sehr kleines Minimum herabdrückt. Nur bei Ra F 7 war eine Verunreinigung durch Ra zu konstatieren, dessen Einfluß sich jedoch vollkommen eliminieren ließ. Die schnell abklingenden Glieder Ra A, B und C, die bei den Aktivierungen auf die Sekundärpräparate (P. 13 und P. 14) gelangten, waren bei den

beobachteten Aktivitäten völlig ohne Einfluß, da nur Substanzen von weit größerer Halbwertszeit zur Beobachtung gelangten, und die Aktivität des sich später bildenden Ra F war viel zu klein, um gemessen werden zu können.

3. Versuchsanordnung.

a. Aktivierungsversuche.

Als Aktivierungsgefäße dienten zwei gleich dimensionierte Glasgefäße von etwa 150—200 ccm Inhalt. Sie bestanden aus zwei

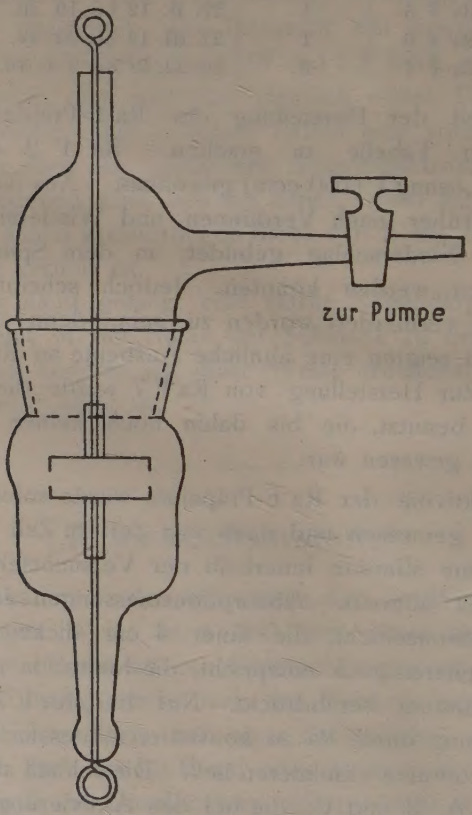

Fig. 1.

Teilen, die mittels eines Schliffes luftdicht verbunden werden konnten. (Fig. 1.) Am oberen Teil befand sich ein mit einem Hahne versehenes seitliches Ansatzrohr zum Evakuieren. Von oben und unten waren Elektroden axial durch das Glas geführt, die am inneren Ende eine flache Aluminiumkapsel zur Aufnahme der primären und der sekundären Platte trugen. Der Abstand der beiden Kapseln konnte variiert werden. Das Ra F-Präparat befand sich stets unten, das Sekundärpräparat, eine geschmirgelte Messingplatte von 2,5 cm Durchmesser, oben. Das Einlegen und Herausnehmen des Sekundärpräparates erfolgte mit einer Pincette, die öfter auf ihre Aktivität geprüft wurde. Es konnte jedoch nie eine merkliche Aktivität an ihr nachgewiesen werden. Nach Beendigung der Aktivierung wurde das Sekundärpräparat in den Deckel eines Arzneischächtelchens von etwa 3 cm Durchmesser und 2 mm Randhöhe gelegt und stets mit diesem Deckel in den Untersuchungszylinder gebracht, um jegliches Berühren des Präparates zu vermeiden, denn die Pincette hatte so nur den Rand des Schächtelchens zu fassen. Die benutzten Schächtelchen wurden auch zuvor auf Aktivität geprüft, evtl. bei unregelmäßigem Gang der Aktivität, wenn man an eine Verunreinigung des Randes denken konnte, wurde das Schächtelchen gewechselt, jedoch nie irgend ein Einfluß festgestellt. Aufbewahrt wurde das Schächtelchen mit dem Präparat in einer etwas größeren Arzneischachtel von etwa 4,5 cm Durchmesser und 1,5 cm Höhe. So war eine bei so kleinen Aktivitäten gefährliche Verunreinigung irgendwelcher radioaktiver Substanz ausgeschlossen.

b. Aktivitätsmessungen.

Als Meßkondensator diente ein Messingzylinder von 11 cm innerem Durchmesser und 10 cm Höhe, der mit dem positiven Pol einer aus 160 Zellen bestehenden Klingelfuß-Batterie, deren negativer Pol über einen Graphitwiderstand nach der Erde geleitet wurde, verbunden war. Durch die verhältnismäßig hohe

Spannung von 300 bis 320 Volt war die Gewähr geschaffen, daß stets mit Sättigungsstrom gearbeitet wurde.

Der Deckel des Ionisationszylinders hatte die in Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik, 11. Aufl., S. 636, angegebene Form. Die Innenelektrode bestand aus einer kreisrunden Messingscheibe von 7,5 cm Durchmesser. Ihr Abstand von der Bodenfläche des Zylinders wurde konstant auf 6,5 cm gehalten. Die Elektrode führte durch Bernsteinisolation und durch eine mit Paraffin (Schwefel) ausgegossene Messingröhre mit axial durchgeführtem Draht nach dem einen Quadrantenpaar eines Mascart'schen Quadrantelektrometers. Das andere Quadrantenpaar lag immer an Erde. Die Nadel wurde mit einer Batterie kleiner Westonelemente von Spindler und Hoyer-Göttingen auf + 100 Volt geladen. Die Bewegung der Nadel wurde durch ein Fernrohr auf einer 147 cm vom Spiegel entfernten Skala mit mm-Teilung verfolgt. Der Beobachtungsbereich war stets so klein, daß der Ausschlag in Skalenteilen dem Drehungswinkel des Spiegels und damit der Spannung proportional gesetzt werden konnte. Die Empfindlichkeit wurde kontrolliert nach dem Ausschlag bei der Spannung eines Clark-Elementes, dessen mittlere Spannung zu 1,433 Volt angenommen wurde.

Die Zeitmessungen erfolgten im Anfang nach einer gutgehenden Taschenuhr, später nach dem Institutschronometer, der jede halbe Sekunde laut tickt und sich daher zur Zeitmessung gut eignet.

Die Kapazität von Elektrometer + Zuleitung + Innenelektrode betrug etwa 75 cm.

Um die Aktivität eines Präparats zu messen, wurde folgendermaßen verfahren:

Mindestens eine halbe Stunde vor der Beobachtung wurde die Schwefelsäure des Elektrometers umgerührt und die Nadel an Spannung (+ 100 Volt) gelegt. Nach halbstündigem Warten hatte dann die Nadel meist eine feste Ruhelage angenommen.

Dann wurde zunächst die natürliche Zerstreuung bestimmt. Zu dem Zwecke wurde die Erdung des mit dem Meßkonden-

sator verbundenen Quadrantenpaares aufgehoben und nach etwa $^1/_2$—$^3/_4$ Minute, nachdem die Geschwindigkeit der Skalenteile im Fernrohr konstant geworden war, die Stellung des Fadens im Fernrohr auf der Skala jede Viertelminute abgelesen und zwar 5 Minuten lang, danach wurde wieder geerdet. Die 20 Ablesungen wurden in bekannter Weise kombiniert: die Summe der Differenzen 11—1, 12—2, . . . 20—10 ergab den Mittelwert der Beobachtungsreihe. Im allgemeinen wurden nun die Mittelwerte von 10 solcher Beobachtungsreihen zu einem neuen Mittel vereinigt und dieser Wert als natürliche Zerstreuung in Rechnung gesetzt. Wenn das Präparat in den Meßkondensator gebracht war, wurde abermals einige Zeit, etwa 10 Min. bis 15 Min., gewartet, um zunächst die durch das Öffnen des Kondensators in diesen eingetretenen großen Ionen zu entfernen. Dann wurde wieder aus 10 Beobachtungsreihen zu je 20 Ablesungen der Mittelwert gebildet und von diesem die natürliche Zerstreuung abgezogen. Die Differenz wurde dann durch die Empfindlichkeit des Elektrometers, d. h. Ausschlag in Skalenteilen pro Volt, dividiert; dieser Wert ist in den Tabellen angeführt und gibt die Aufladung einer Kapazität von 75 cm in Volt pro Min. an.

Wenn die Art der zu untersuchenden Substanz nicht bekannt war, z. B. immer bei den ersten Untersuchungen der Präparate, wurde regelmäßig auch nach der Hauptmessung nochmals eine Bestimmung der natürlichen Zerstreuung vorgenommen und meist auch in naher Übereinstimmung mit der vorher bestimmten gefunden.

Zuweilen wurden auch weniger als 10 Beobachtungsreihen benutzt; z. B. wenn die Mittelwerte der ersten 4, 5 oder 6 in guter Übereinstimmung mit nur geringen Schwankungen gefunden wurden, oder wenn sich das Präparat in seiner Aktivität so wenig geändert hatte, daß eine neue genaue Messung nicht notwendig erschien.

Die Messungen hatten ja überhaupt nur den Zweck, über den Verlauf der Aktivität im allgemeinen einige Anhaltepunkte zu geben, da immer gehofft wurde, zur genaueren Bestimmung

des Verlaufes der Sekundäraktivität einige stärkere Präparate zu erhalten, bei denen die Ergebnisse trotz viel kleineren Arbeitsaufwandes doch um ein Vielfaches sicherer sein mußten als bei den schwachen Präparaten, bei denen die Elektrometerschwankungen, Schweidler'sche Schwankungen und die Schwierigkeit der genauen Bestimmung der natürlichen Zerstreuung eine sehr große Zahl von Beobachtungen notwendig machten, um nur zu einigermaßen sicheren Werten der Aktivität zu gelangen.

Die kleine Zeit von $^1/_4$ Min. für die Zeit zwischen zwei Ablesungen wurde gewählt, nachdem sich herausgestellt hatte, daß die Anordnung bei größeren Spannungen immer elektrische Ladung verlor, d. h. daß die Differenz der 11. und der 1. Ablesung, wenn die Zeit zwischen zwei Ablesungen $^1/_2$ Min. oder 1 Min. betrug, regelmäßig größer war als die der 20. und der 10., und daß die dazwischenliegenden Differenzen fast kontinuierlich vom ersten zum letzten Werte herabsanken, sodaß kein Mittelwert gebildet werden konnte. Ob der Ladungsverlust auf Isolationsfehlern oder vielleicht auf Ionisation im Elektrometer zurückzuführen war, konnte trotz eifrigen Suchens nicht festgestellt werden.

Bei den durch die kürzere Beobachtungszeit bedingten kleineren Spannungen war ein Ladungsverlust nicht mehr festzustellen, da wahrscheinlich die stärkeren Schwankungen diese geringeren Unterschiede verdeckten.

Bei den Hauptversuchen betrug die Empfindlichkeit des Elektrometers 110 bis 122 Skalenteile für 1 Volt.

---

4. Ergebnisse.

a. Einzelversuche.

Bevor ich auf die Versuche mit positiven Ergebnissen eingehe, möchte ich einige Vorversuche anführen, die ein negatives Resultat zeitigten. Tabelle 1 gibt diese Versuche 1 bis 4 wieder. Die Exposition erfolgte hier nicht wie bei

den späteren Versuchen in den Glasgefäßen, sondern in einer größerenPappschachtel. Auf eine Glasplatte wurden um die daraufgelegten von einander getrennten Ra F-Präparate herum kleine Stücke derselben Glasplatte verschiedener Dicke aufgekittet und die sekundären Messingplatten darüber gelegt. Nach einer Expositionsdauer von 37,9 d konnte auf keiner der Sekundärplatten eine Aktivität nachgewiesen werden. Beim Präparat P. 1 scheint ja das Vorhandensein einer radioaktiven Substanz nicht ausgeschlossen, jedoch ist die Intensität so gering, daß noch nicht einmal die Existenz erwiesen ist, umso weniger ließ sich da die Natur der Substanz erkennen.

Tabelle 1.

No.	Abstand	Elektr. Feld	Expositionsdauer	Ra F-Präparat	Intensität der Ra F-Präparate vor dem Versuch	Messingplatte	Intensität der Messingplatten + NZ
	mm		Tage		ESE		$\frac{\text{Sktle}}{10 \text{ min}}$
1.	10	0	37,9	Ra F 5	1,91	P_3	12,57
2.	6	0	37,9	Ra F 4	1,11	P_2	12,90
3.	3	0	37,9	Ra F 2	0,73	P_1	13,73
4.	1	0	37,9	Ra F 3	0,037	P_4	12,65

Die natürliche Zerstreuung betrug im Mittel $13{,}12 \frac{\text{Sktle}}{10 \text{ min}}$.

Um sicher zu sein, daß beim Aktivieren im Glasgefäß G I, in dem schon früher stark radioaktive Substanzen zur Aktivierung benutzt worden waren, die Aktivität nicht etwa durch das Glasgefäß selbst bedingt war, wurde auch ein Vorversuch ausgeführt, bei dem das Ra F-Präparat fortgelassen wurde. Nach 5tägiger Exposition konnte aber keine Aktivität auf der Sekundärplatte nachgewiesen werden.

Präparat P. 5.

Aktivierungsgefäß: G I.
Expositionsdauer: 32,93 d
20. Sept. 12 7 h p. m. bis 23. Okt. 12 5 h 15 m p. m.
Plattenabstand: 3 mm.
Ra F 6: am Anfang 1,20 ESE/Sek.
am Ende 1,02 ESE/Sek.
Ra F an — 320 Volt.
Luftdruck: Atmosphärendruck.

Von der 5. Beobachtung an ist die Aktivität konstant bis zur 13. Die starke Abweichung bei 14 ist wohl auf Beobachtungsfehler zurückzuführen, indem die natürliche Zerstreuung zu groß angenommen wurde.

Tabelle 2.

No.	Datum	Tage	$10^{-3}\,\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$
1.	23. Okt. 6 h 30 m p. m.	0,05	8,21
2.	25. „ 6 h 30 m p. m.	2,05	8,50
3.	28. „ 5 h 0 m p. m.	5,00	6,90
4.	12. Nov. 4 h 0 m p. m.	19,95	6,62
5.	22. „ 3 h 30 m p. m.	29,92	5,31
6.	1. Dez. 6 h 0 m p. m.	39,03	4,12
7.	10. „ 5 h 20 m p. m.	48,00	5,27
8.	21. „ 4 h 0 m p. m.	58,84	4,07
9.	11. Jan. 1 h 30 m a. m.	79,24	5,31
10.	27. „ 2 h 25 m p. m.	95,74	4,30
11.	4. Febr. 2 h 0 m p. m.	103,86	4,04
12.	27. „ 1 h 0 m a. m.	126,32	5,05
13.	12. März 1 h 0 m p. m.	139,82	4,64
14.	2. Juli 4 h 25 m p. m.	251,9	3,44

Das Mittel aus den Werten 5 bis 13 ist $J_1 = 4{,}68 \cdot 10^{-3}\,\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$. Da bei der großen Konstanz dieser Aktivität angenommen werden muß, daß die $4{,}68 \cdot 10^{-3}\,\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ von Anfang an von einer

Substanz mit kleiner Abklingunskonstante verursacht werden, bleibt für eine Substanz von kürzerer Lebensdauer eine Wirkung von $J_2 = 3{,}53 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ Anfangsaktivität übrig.

Am 19. November 1912 wurde die Absorption der Strahlung untersucht. Es wurden Aluminiumfolien von 0,0031 mm Dicke (entsprechend einer Luftschicht von 0,5 cm) benutzt. Die Messung ergab: Natürliche Zerstreuung $NZ = 14{,}51 \frac{\text{Sktle}}{10 \text{ min}}$.

Anzahl der Al-Folien	P. 5 + NZ	P. 5
0	20,52	6,01 $\frac{\text{Sktle}}{10 \text{ min}}$
1	17,62	3,11
2	16,29	1,78
3	15,74	1,23
4	15,87	1,36

Die Werte der letzten Reihe wurden erhalten, indem die natürliche Zerstreuung von den gemessenen Werten abgezogen wurde. Durch eine Aluminiumschicht von 0,0124 mm Dicke, die etwa 2 cm Luft von Atmosphärendruck entspricht, wurde die Aktivität des Präparates auf den vierten Teil ihres Wertes reduziert, ein Beweis, daß der weitaus größte Teil der Aktivität der Wirkung von α-Strahlen zuzuschreiben ist.

Präparat P. 6.

Aktivierungsgefäß: G I.
Expositionsdauer: 36,11 d
23. Okt. 12 7 h 15 m p.m. bis 28. Nov. 12 10 h 0 m p. m.
Plattenabstand: 3,5 mm.
Ra F 6: am Anfang 1,02 ESE/Sek.
am Ende 0,86 ESE/Sek.
Ra F an + 320 Volt.
Luftdruck: Atmosphärendruck.

Tabelle 3.

No.	Datum	Tage	10^{-3} $\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$
1.	28. Nov. 10 h 40 m p. m.	0,03	6,66
2.	1. Dez. 12 h 30 m a. m.	2,10	5,59
3.	3. „ 3 h 25 m p. m.	4,73	3,92
4.	6. „ 12 h 15 m a. m.	7,09	4,03
5.	16. „ 6 h 10 m p. m.	17,84	3,52
6.	21. „ 4 h 40 m p. m.	22,78	2,59
7.	3. Jan. 11 h 45 m a. m.	35,57	3,43
8.	7. „ 4 h 45 m p. m.	38,82	3,97
9.	10. „ 6 h 0 m p. m.	42,87	4,14
10.	27. „ 1 h 25 m p. m.	59,68	3,73
11.	4. Febr. 1 h 20 m p. m.	67,64	3,40
12.	26. „ 11 h 45 m p. m.	90,07	3,86
13.	2. Juli 5 h 0 m p. m.	215,8	2.37

Der Mittelwert aus den Beobachtungen 7 bis 12 gibt wieder die Aktivität einer langlebigen Substanz, denn vom 35. bis zum 90. Tage ist keine Änderung in der Aktivität festzustellen. Die konstante Aktivität hat den Wert $J_1 = 3{,}59 \cdot 10^{-3}$ $\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$. Dann bleibt wieder wie bei P. 5 noch eine Aktivität am Anfang, die einer schneller zerfallenden Substanz zugeschrieben werden muß: $J_2 = 3{,}07 \cdot 10^{-3}$.

Präparat P. 7.

Aktivierungsgefäß: Pappschachtel.
Versuchsdauer: 67,38 d
21. Dez. 12 5 h 20 m. p. m. bis 27. Febr. 13 2 h 30 m a. m.
Plattenabstand: 0,5 mm.
Ra F 4: am Anfang 0,71 ESE/Sek.
am Ende 0,51 ESE/Sek.
Ohne Feld.
Luftdruck: Atmosphärendruck.

Nach der Exposition konnte auf P. 7 keine Aktivität festgestellt werden.

Bei diesem Versuche wurden die Ra F-Präparate Ra F 4 und Ra F 6 in einer Entfernung von etwa 5 cm auf eine Glasplatte gelegt. Über die Präparate wurden dann zwei etwa 0,5 mm dicke Kupferdrähte gespannt, die die Ra F-Präparate an den Rändern auf die Glasplatte preßten. Auf diese Kupferdrähte wurden dann die mit P. 7 und P. 8 bezeichneten Messingplatten gelegt, und die ganze Anordnung wurde dann in eine größere etwa 8—10 cm hohe Pappschachtel gelegt und dort 67,38 d sich selbst überlassen. Durch diesen Versuch sollte entschieden werden, ob etwa eine Emanation von großer Halbwertszeit die Sekundäraktivität verursacht. In diesem Falle hätten die Rückseiten beider Präparate etwa gleich stark radioaktiv und stärker aktiv als die Vorderseiten sein müssen, da eine langlebige Emanation vor ihrem Zerfall Zeit genug findet, aus dem engen Raum zwischen Ra F- und Sekundärpräparat herauszudiffundieren. Bei dem Präparat P. 7 konnte jedoch weder auf der Vorderseite noch auf der Rückseite eine Aktivität gemessen werden.

Präparat P. 8.

Aktivierungsgefäß: Pappschachtel.
Expositionsdauer: 67,38 d
21. Dez. 12 5 h 20 m p. m. bis 27. Febr. 13 2 h 30 m a. m.
Plattenabstand: 0,5 mm.
Ra F 6: am Anfang 0,77 ESE/Sek.
am Ende 0,55 ESE/Sek.
Ohne Feld.
Luftdruck: Atmosphärendruck.

Tabelle 4.

No.	Datum	Tage	$10^{-3}\,\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$
1.	27. Febr. 3 h 0 m a. m.	0,02	12,9
2.	28. „ 5 h 15 m p. m.	1,62	6,1
3.	2. März 11 h 55 m a. m.	3,40	5,2
4.	3. „ 10 h 15 m p. m.	4,82	5,2
5.	8. „ 4 h 25 m p. m.	9,59	4,6
6.	11. „ 11 h 30 m p. m.	12,75	5,0
7.	1. April 10 h 20 m p. m.	32,70	4,6
8.	2. Juli 5 h 30 m p. m.	125,60	4,5

Wie aus den Zahlen ersichtlich ist, existiert auch hier eine sehr dauerhafte aktive Substanz, denn nach 125,6 Tagen wurde der gleiche Wert gemessen wie nach 9,6 Tagen. Der Mittelwert aus 5 bis 8 ergibt $J_1 = 4{,}68 \cdot 10^{-3}\,\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$.

Beim Herausnehmen von P. 8 aus dem Aktivierungsgefäß entfiel das Präparat leider der Pincette und kam auf die Glasplatte zu liegen. So wurde denn bei der ersten Messung bei dem unerwartet hohen Werte von $12{,}9 \cdot 10^{-3}\,\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ eine Verunreinigung durch Ra F als möglich angenommen und nur eine Reihe von 20 Ablesungen beobachtet.

Es darf daher wohl angenommen werden, daß der erste, zu hohe Wert $12{,}9 \cdot 10^{-3}$ Beobachtungsfehlern zuzuschreiben ist, und daß der kurzlebigen Substanz nur eine viel geringere Anfangs-Aktivität zukommt als $8{,}2 \cdot 10^{-3}$, was ja auch durch den flachen Abfall von $1{,}62^{\,d}$ bis $9{,}59^{\,d}$ wahrscheinlich gemacht wird.

Auch der später noch beobachtete Wert von etwa 4,5 bis $5 \cdot 10^{-3}$ kann nicht vom Ra F herstammen, da sonst dessen Abklingung hätte gefunden werden müssen. Auf der Rückseite von diesem Präparat konnte keine Aktivität nachgewiesen werden.

Präparat P. 9.

Aktivierungsgefäß: G I.
Expositionsdauer: 20,42 d
21. Dez. 12 5 h 20 m p. m. bis 11. Jan. 13 3 h 20 m a. m.
Plattenabstand: 1,5 mm.
Ra F 5: am Anfang 1,21 ESE/Sek.
am Ende 1,09 ESE/Sek.
Ra F an + 320 Volt.
Luftdruck: 7 mm Hg.

Hier wurde keine meßbare konstante Aktivität festgestellt, sondern nur eine geringe Aktivität einer Substanz, die etwa einige Tage Halbwertszeit besitzt.

Tabelle 5.

No.	Datum	Tage	$10^{-3}\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$
1.	11. Jan. 3 h 20 m a. m.	0,00	2,22
2.	12. „ 2 h 50 m a. m.	0,98	1,91
3.	15. „ 12 h 40 m p. m.	4,39	0,91
4.	24. „ 5 h 35 m p. m.	13,0	—
5.	4. Febr. 12 h 50 m p. m.	22,0	—

Präparat P. 10.

Aktivierungsgefäß: G I.
Expositionsdauer: 9,30 d
8. März 13 6 h 50 m p. m. bis 18. März 13 2 h 0 m a.m.
Plattenabstand: 6 mm.
Ra F 4: am Anfang 0,48 ESE/Sek.
am Ende 0,46 ESE/Sek.
Ra F an + 320 Volt.
Luftdruck: 2 mm Hg.

Tabelle 6.

No.	Datum	Tage	$10^{-3}\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$
1.	18. März 2 h 30 m a. m.	0,02	1,3
2.	18. „ 9 h 20 m p. m.	0,81	1,2
3.	19. „ 4 h 30 m p. m.	1,60	3,0
4.	1. Juli 6 h 0 m p. m.	104,0	—

Der hohe Wert der 3. Beobachtung $3{,}0 \cdot 10^{-3}$ ist mit großer Wahrscheinlichkeit Beobachtungsfehlern zuzuschreiben, so daß das Ergebnis dieses Versuches dem des vorigen ähnelt; wir scheinen wieder eine Substanz mit einer Halbwertszeit von einigen Tagen vor uns zu haben.

Präparat P. 11.

Aktivierungsgefäß: G II.
Expositionszeit: 9,46 d
8. März 13 6 h 50 m p. m. bis 18. März 6 h 0 m a. m.
Plattenabstand: 6 mm.
Ra F 6: am Anfang 0,52 ESE/Sek.
am Ende 0,51 ESE/Sek.
Ra F an + 320 Volt.
Luftdruck: 2 mm Hg.

Tabelle 7.

No.	Datum	Tage	$10^{-3}\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$
1.	18. März 6 h 40 m p. m.	0,03	2,6
2.	19. „ 12 h 10 m a. m.	0,76	1,7
3.	19. „ 5 h 10 m p. m.	1,47	1,2

Auch hier maßen wir wieder die Aktivität einer Substanz, die in wenigen Tagen zerfällt. Sollte tatsächlich noch eine konstante Aktivität vorhanden gewesen sein, so lag sie unterhalb der Grenzen der genauen Messung.

Präparat P. 12.

Aktivierungsgefäß: G I.
Expositionszeit: 10,31 d
18. März 13 6 h 0 m p. m. bis 29. März 13 1 h 20 m a. m.
Plattenabstand: 6 mm.
Ra F 5: am Anfang 0,79 ESE Sek.
am Ende 0,75 ESE/Sek.
Ra F an + 320 Volt.
Luftdruck: 2 mm Hg.

Tabelle 8.

No.	Datum	Tage	$10^{-3} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$
1.	29. März 2 h 20 m a. m.	0,04	0,75
2.	3. April	4,0	—

Die geringe Aktivität erlaubt hier keinen Schluß auf die Natur der Substanz, da die Schwankungen der natürlichen Zerstreuung die geringe Aktivität auch bei häufiger Messung fast vollkommen verdecken.

Präparat P. 13.

Aktivierungsgefäß: G II.
Expositionsdauer: 10,46 d
18. März 13 5 h 30 m p. m. bis 29. März 13 4 h 25 m a. m.
Plattenabstand: 6 mm.
Ra F 7: am Anfang 3,08 ESE/Sek.
am Ende 2,91 ESE/Sek.
Ra F an + 320 Volt.
Luftdruck: 2 mm Hg.

Bei diesem Präparat lassen sich deutlich drei verschiedene Substanzen erkennen. Da die Aktivitäten nach 27,35 d und nach 91 d innerhalb der Versuchsfehler völlig übereinstimmen, so können wir hierin wieder den Beweis für eine langlebige Sub-

Tabelle 9.

No.	Datum	Tage	$10^{-3}\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$
1.	29. März 8 h 30 m a. m.	0,16	23,8
2.	30. „ 2 h 20 m a. m.	0,91	21,5
3.	30. „ 2 h 50 m p. m.	1,45	20,2
4.	31. „ 3 h 45 m a. m.	1,97	19,1
5.	31. „ 9 h 20 m p. m.	2,69	17,6
6.	1. April 11 h 15 m p. m.	3,77	16,3
7.	3. „ 12 h 5 m p. m.	4,79	16,2
8.	4. „ 12 h 50 m a. m.	6,85	14,6
9.	6. „ 9 h 40 m a. m.	8,22	13,9
10.	9. „ 12 h 15 m p. m.	11,30	11,9
11.	11. „ 6 h 0 m p. m.	13,55	11,2
12.	25. „ 12 h 45 m p. m.	27,35	8,4
13.	30. Juni 6 h 0 m p. m.	90,45	8,5
14.	1. Juli 6 h 0 m p. m.	91,45	8,5

stanz erblicken. Zieht man die konstante Aktivität $J_1 = 8{,}5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ von den übrigen gemessenen Aktivitäten ab und trägt die Logarithmen dieser Differenzen als Ordinaten zu den zugehörigen Zeiten als Abszissen auf, so liegen die so gefundenen Punkte von $t = 2{,}69^{\,d}$ an in der Nähe einer Geraden, die einer Halbwertszeit von etwa 6 Tagen entspricht. Die Anfangsaktivität dieser Substanz würde sich daraus zu $J_2 = 12{,}3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ ergeben. Die übrigbleibenden $3{,}0 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ fallen dann etwa so ab, als ob sie von einem noch kurzlebigeren Produkte mit einer Halbwertszeit von der Größenordnung eines Tages herstammen.

Am 5. April 1913 wurde eine Absorptionsmessung angestellt. Die dazu benutzten Aluminiumfolien hatten eine Dicke von 0,00673 mm, die ziemlich genau einer Luftschicht von 1 cm bei Atmosphärendruck entspricht. Die Aluminiumfolien wurden 6 bis 7 mm über dem Präparat angebracht. Das Präparat besaß am 5. April eine Aktivität von 17,5

$\frac{\text{Sktle}}{10\,\text{min}}$. Die natürliche Zerstreuung betrug 15,6 $\frac{\text{Sktle}}{10\,\text{min}}$. Es wurde gemessen:

Absorbierende Schicht	P. 13 + NZ	P. 13
0,7 cm + 3 Al = 3,7 cm Luft	16,7	1,1
0,7 cm + 2 Al = 2,7 cm „	18,9	3,3
0,7 cm + 1 Al = 1,7 cm „	19,0	3,4
Ohne Aluminium	—	17,5

Auch hier zeigt sich, daß nur wenige Prozent der Strahlen eine größere Reichweite als etwa 4 cm in Luft besitzen.

Das noch kurzlebigere Produkt war zur Zeit der Absorptionsmessung schon unter die Grenze der Meßbarkeit gesunken.

Präparat P. 14.

Aktivierungsgefäß: G II.
Expositionsdauer: 8,00^{d}
5. April 13 11 h 15 m a. m. bis 13. April 11 h 0 m a. m.
Plattenabstand: 6 mm.
Ra F 7: am Anfang 2,82 ESE/Sek.
am Ende 2,71 ESE/Sek.
Ra F an + 320 Volt.
Luftdruck: 2 mm Hg.

Tabelle 10.

No.	Datum	Tage	$10^{-3}\,\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$
1.	14. April 11 h 40 m p. m.	1,5	5,7
2.	18. „ 11 h 15 m p. m.	5,5	5,2
3.	2. Juli 3 h 0 m p. m.	79,2	2,7

Nimmt man wieder an, daß das schon öfter beobachtete langlebige Produkt die Endaktivität von $2{,}7 \cdot 10^{-3}\,\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$

verursacht, dann bleibt für ein kurzlebiges Produkt die Anfangsaktivität von $3{,}0 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$.

b. Zusammenstellung der Versuche.

In Tab. 11 sind die Versuche 5 bis 14 zusammengestellt. Die Reihe 9 gibt den Mittelwert der Beobachtungen an, die bei dem betreffenden Präparate angestellt waren, nachdem mehr als 25 Tage seit dem Ende der Exposition verflossen waren. Nach dieser Zeit von 25 Tagen mußten die geringen Aktivitäten der 6-Tage-Substanz bis zur Unmeßbarkeit herabgesunken sein.

Die Differenz der Anfangs- und der Restaktivität wurde dann im allgemeinen der 6-Tage-Substanz zugeschrieben. Wie später gezeigt werden wird, sind diese beiden radioaktiven Substanzen wahrscheinlich Zerfallsprodukte des Ra F, sie mögen daher vorläufig Ra M und Ra N genannt werden.

Sollten die beobachteten Aktivitäten durch das Ra F verursacht sein, so mußte eine Abhängigkeit der Sekundärintensität von dem Ra F-Gehalt der Primärpräparate zu finden sein. Ebenso war ein Einfluß der Expositionsdauer zu erwarten. Um diese Abhängigkeit festzustellen, wurden die Werte der Reihen 9 und 10 durch die Produkte der zugehörigen Werte der Reihen 7 und 8 dividiert und so die pro ESE Ra F und pro Tag erzeugte Menge der aktiven Substanz erhalten. Diese Zahlen sind in die Reihen 11 und 12 eingetragen.

Die sehr schwachen Aktivitäten von P. 9 bis P. 12 wurden dabei unberücksichtigt gelassen. Die Zahlen der Reihe 11 ergeben mit einer Ausnahme (P. 13) unter einander befriedigende Übereinstimmung, die bei den großen Versuchsfehlern nicht besser erwartet werden konnte. Sehen wir von P. 13 ab, so wird durchschnittlich pro Tag und pro ESE Ra F eine solche Menge Ra M erzeugt, daß sie einen Sättigungsstrom von $0{,}11 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ bei 75 cm Kapazität liefert. Die Ausbeute

Tabelle 11.

1. Sekundär-präparat	2. Ra F-Präparat	3. Platten-abstand	4. Elektr. Feld Ra F an:	5. Aktivierungs-gefäß	6. Luft-druck	7. Mittlere Intensität der Ra F-Präparate	8. Expositions-dauer	9. Anfangsaktivität von Ra M	10. Anfangsaktivität von Ra N	11. Die pro Tag und ESE erzeugte Menge Ra M	12. Die pro Tag und ESE erzeugte Menge Ra N	13. Die berechnete Anfangsaktivität von Ra M	14. Die berechnete Anfangsaktivität von Ra N
		mm	Volt		mm Hg	ESE	Tage	$10^{-3}\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$	$10^{-3}\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$			$10^{-3}\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$	$10^{-3}\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$
P. 5	Ra F 6	3	−320	G I	760	1,11	32,93	4,68	3,53	0,128	0,0944	4,02	3,66
P. 6	Ra F 6	3,5	+320	G I	730	0,94	36,11	3,59	3,07	0,106	0,0905	3,66	3,33
P. 7	Ra F 4	0,5	0	Pappschachtel	760	0,61	67,38	—	—	—	—	—	—
P. 8	Ra F 6	0,5	0	Pappschachtel	760	0,66	67,38	4,68	8,2 [2]	0,105	0,1844	5,31	4,84
P. 9	Ra F 5	1,5	+320	G I	7	1,15	20,42	— [1]	2,22	—	—	—	2,35
P. 10	Ra F 4	6	+320	G I	2	0,47	9,30	1,3 [1]		—	—	0,48	0,44
P. 11	Ra F 6	6	+320	G II	2	0,52	9,46	2,6 [1]		—	—	0,54	0,49
P. 12	Ra F 5	6	+320	G I	2	0,77	10,31	— [1]	0,75	—	—	—	0,79
P. 13	Ra F 7	6	+320	G II	2	3,00	10,46	8,5 [3]	15,3 [3]	0,27	0,38	3,45	3,14
P. 14	Ra F 7	6	+320	G II	2	2,76	8,00	2,7	3,0	0,12	0,14	2,43	2,21
									Wahrscheinlichster Wert:	0,11	0,10		

[1]) Keine gute Übereinstimmung wegen zu kleiner Aktivitäten.

[2]) Siehe S. 20.

[3]) Ansammlung von Ra M und Ra N auf dem ruhenden Präparat Ra F 7 vor der Aktivierung.

ist also unabhängig vom Plattenabstand, vom elektrischen Feld und vom Luftdruck. Bei der schon durch den Versuch nachgewiesenen großen Halbwertszeit von Ra M war Proportionalität mit der Expositionszeit zu erwarten. Beim Ra N dagegegen war anzunehmen, daß seine Ausbeute im Anfang der Exposition größer war als gegen Ende, vorausgesetzt, daß es direkt aus Ra F oder einem kurzlebigen Unterprodukt gebildet wurde. Es zeigt sich jedoch in Reihe 12, daß auch die Bildung von Ra N der Expositionsdauer proportional ist. Da nun der Sättigungsstrom des pro Tag und pro ESE Ra F gebildeten Ra N nahezu gleich dem des unter gleichen Bedingungen gebildeten Ra M ist, so ist zu schließen, daß beide Substanzen im radioaktiven Gleichgwicht stehen. Denn als wahrscheinlichster Wert des Sättigungsstromes der pro Tag und pro ESE Ra F erzeugten Menge Ra N läßt sich der Wert $0{,}10 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ aus Reihe 12 entnehmen.

Berechnet man die zu erwartenden Aktivitäten unter der Annahme, daß für jede ESE Ra F und pro Tag $0{,}11 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ Ra M und $0{,}10 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ Ra N erzeugt werden, so erhält man die Werte, die in Reihe 13 und 14 eingetragen sind. Die Übereinstimmung mit den beobachteten Aktivitäten ist befriedigend. P. 7 fällt zwar vollständig aus, doch dürfte hier bei der Messung der Aktivität oder bei der Exposition ein Fehler vorgekommen sein. Bei den schwachen Präparaten P. 9 bis P. 12 ist die Übereinstimmung auch weniger gut. Bei P. 9 und P. 12 stimmen die berechneten Werte für Ra N sehr gut mit den beobachteten Anfangsaktivitäten überein, sodaß bei diesen beiden Präparaten, zu deren Herstellung das Ra F-Präparat Ra F 5 verwendet wurde, allem Anschein nach die langlebige Substanz nicht aufgetreten ist.

Die bei weitem größere Ausbeute bei P. 13 läßt sich wohl gut durch folgende Annahme erklären:

Das Präparat Ra F 7 hatte nur kurz nach seiner Elektrolyse, am 9. Januar 1913, zur Feststellung seiner Akti-

vität an Spannung gelegen und war sonst immer in einem kleinen Kästchen aufbewahrt. In der großen Ruhepause haben sich die Ra M-Teilchen, die, wie noch zu zeigen ist, wahrscheinlich von einer Emanation abstammen, nur locker auf das Ra F-Präparat aufgelegt, und sind dann durch Anlegen eines Feldes hinweggeschleudert.

Auf solche stärker werdende Wirkungen von Ra F-Präparaten nach längerer Ruhepause hat schon Demmler[1]) aufmerksam gemacht.

Nach dem Gesagten scheint mir die trotz der verschiedensten Versuchsbedingungen konstante Ausbeute unmöglich ein Spiel des Zufalls, sondern ein Beweis für einige Zerfallsprodukte des Ra F zu sein.

Auch für die Art der Aktivierung lassen sich aus den Versuchen einige Schlüsse ziehen. Nach den Ergebnissen scheint das Ra F oder evtl. ein Unterprodukt mit kürzerer Halbwertszeit eine kurzlebige Emanation abzugeben, die ihrerseits wiederum das Ra M und Ra N erzeugt. Bei den meisten Versuchen wären ja die Ergebnisse auch durch direkten Rückstoß der neuen Bestandteile vom Ra F zu erklären; doch scheinen mir P.5 und P 8. dagegen zu sprechen. Wenn bei P.5 ein verzögerndes Feld auf die Rückstoßatome einwirkt, so können sie den Luftraum von 3 mm bei Atmosphärendruck nicht überfliegen. Auch bei P. 8 ist der Luftraum von 0,5 mm bei Atmosphärendruck zu groß, um durch Rückstoßatome überbrückt werden zu können. P. 8 scheint auch dafür zu sprechen, daß die vermutete Emanation sehr kurzlebig ist, sonst müßte sie auch aus dem Zwischenraume zwischen dem Ra F und dem Sekundärpräparat in das Gefäß diffundiert sein und hätte eine merkliche Aktivität auf der Rückseite von P. 8 erzeugen müssen. (Vergl. S. 20).

Unter gewissen Voraussetzungen läßt sich auch aus den Messungen annähernd die Abklingungskonstante berechnen.

Durch die Absorptionsversuche an P. 5 und P. 13 ist es wahrscheinlich gemacht, daß das Produkt Ra. M α-Strahlen

[1]) Demmler, Hallenser Dissertation 1912, S. 34 f.

aussendet, deren Ionisationsfähigkeit in erster Annäherung gleich der der α-Strahlen des Ra F gesetzt werden mag, da ja die Unterschiede selbst zwischen Ra F und Ra nur gering sind (164000 bezw. 150000 Ionen pro α-Teilchen).

Nach Tabelle 11 erzeugt nun die Ra F-Menge, die einen Sättigungsstrom von 1 ESE liefert, pro Tag eine Ra M-Menge, die eine Kapazität von 75 cm in 1 min auf $0{,}11 \cdot 10^{-3}$ Volt aufladet; der Sättigungsstrom der betreffenden Menge Ra M beträgt also: $\frac{0{,}11 \cdot 75}{60 \cdot 300} 10^{-3}$ ESE.

Zur Erzeugung von einem Sättigungsstrom von 1 ESE seien N_1 Atome Ra F erforderlich, dann zerfallen pro Sekunde $N_1 \cdot \lambda_1$ und es ist

$$\frac{N_1 \cdot \lambda_1 \cdot a \cdot \varepsilon}{2} = 1 \text{ ESE},$$

Dabei bedeutet λ_1 die Abklingungskonstante des Ra F, a die pro α-Teilchen erzeugte Anzahl von Ionenpaaren, ε die Elementarladung eines Ions. Die 2 im Nenner tritt auf, weil nur die Hälfte der α-Strahlen wirksam ist, da die andere Hälfte in das Platinblech gesandt wird und keine Ionen erzeugen kann. In einem Tage werden, direkte Bildung aus Ra F oder ein kurzlebiges Zwischenprodukt vorausgesetzt,

$$\frac{N_1 \cdot \lambda_1}{2} \; 86400 \text{ Atome Ra M}$$

auf der Oberfläche des Platinbleches gebildet. Eine ebenso große Anzahl wird von den nach außen gesandten α-Teilchen durch Rückstoßwirkung in das Platinblech geschleudert, und diese bleiben dort stecken. Nehmen wir nun an, daß nicht alle von den nach außen gesandten Ra M-Atomen, sondern nur 80 % auf die Sekundärplatte gelangen — da nach Versuchen mit bekannten Substanzen eine ähnliche Ausbeute zu erwarten ist — so befinden sich nach der Exposition von einem Tage auf der Sekundärplatte

$$N_2 = \frac{N_1 \cdot \lambda_1}{2} 86400 \cdot 0{,}8 \text{ Atome Ra M},$$

die nun wieder ihrerseits einen Sättigungsstrom von

$$J_2 = \frac{N_2 \cdot \lambda_2}{2} \text{ a . } \varepsilon \text{ ESE}$$

liefern würden, oder

$$J_2 = \frac{N_1 \cdot \lambda_1 \cdot \lambda_2 \; 86400 \cdot 0{,}8 \cdot a \cdot \varepsilon}{2.2},$$

wenn λ_2 die Abklingungskonstante des Ra M ist.

Nun ist, wie oben gezeigt wurde,

$$\frac{N_1 \cdot \lambda_1}{2} \cdot a \cdot \varepsilon = 1 \text{ ESE}$$

Also ist

$$J_2 = \frac{86400 \cdot 0{,}8}{2} \lambda_2 \text{ ESE}$$

Es ist nun der Sättigungsstrom gemessen zu

$$J_2 = \frac{0{,}11 \cdot 75}{60 \cdot 300} \; 10^{-3} \text{ ESE}$$

Setzen wir den berechneten und den beobachteten Wert gleich, so ergibt sich

$$\lambda_2 = 1{,}3 \cdot 10^{-11} \text{ sec}^{-1}$$

Diese Abklingungskonstante entspricht etwa einer Halbwertszeit von

$$H_2 = 1650 \text{ Jahre.}$$

Haben wir bei den Messungen der Aktivität von Ra M nicht eine α-strahlende Substanz gehabt, sondern m, so würde die gefundene Halbwertszeit noch mit m zu multiplizieren sein.

Der Wert der Abklingungskonstanten kann natürlich keinen Anspruch auf Genauigkeit machen, doch dürfte seine Größenordnung die richtige sein.

Später angestellte Beobachtungen der Präparate P. 5, P. 6, P. 8 und P. 13 ergaben allerdings wieder kleinere Werte für die Aktivität, sodaß möglicherweise die Aktivität nach einer Konstanz von etwa 130—150 Tagen langsam abnimmt, was auch zu erklären wäre, wenn man annimmt, daß die α-strahlende Substanz das Unterprodukt einer β-strahlenden Substanz ist. Es wäre dies ähnlich wie beim aktiven Niederschlag der Ra Em nach einer Expositionszeit von etwa 10 Min.,

dessen Aktivität von der 20. bis 50. Min. konstant bleibt und dann der längeren Halbwertszeit der zerfallenden Substanzen entsprechend langsam abklingt.

Vielleicht sind aber auch die Verluste der Präparate auf mechanische Loslösung zurückzuführen, da bei der häufigen Untersuchung eine Erschütterung der Präparate kaum vermieden werden kann.

Eine Entscheidung darüber kann erst erfolgen, wenn man mit stärkeren Ra F-präparaten bei langer Expositionsdauer stärkere Sekundärpräparate hat herstellen können.

Wenn übrigens die Halbwertszeit wesentlich kleiner wäre, etwa nur einige Jahre, so hätte sich bei den sich über 7 Jahre erstreckenden Abklingungsmessungen des Ra F von E. v. Schweidler[1]) ein Einfluß des Zerfallsproduktes geltend machen müssen, selbst wenn ein großer Teil von Ra M durch die vermutete Emanation weggeführt wäre, und es hätte die Abklingung vom Ra F in den späteren Jahren merklich langsamer vor sich gehen müssen, als es der Fall war.

Bei P. 5 konnte noch eine merkwürdige Erscheinung festgestellt werden:

In Tab. 2 (S. 16) schwanken die Werte für die Aktivität von der 5. Beobachtung (22. Nov. 12) an um den Mittelwert $4{,}68 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ nicht nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit, sondern so, daß bestimmte größere Werte in der Nähe von $5{,}3 \cdot 10^{-3}$ und bestimmte kleinere um 4,1 herum bevorzugt werden. Eine Untersuchung dieser Erscheinung ergab, daß die hohen Werte dann erhalten wurden, wenn zur Bestimmung des Mittelwertes der betreffenden Beobachtung 10 Reihen von je 20 Ablesungen benutzt waren, während bei den kleineren Werten (mit Ausnahme von 6 am 1. Dez. 12) nur 4 oder 6 Beobachtungsreihen verwendet waren. Es hatte im ersten Falle das Präparat längere Zeit im Zylinder gelegen und war dadurch in seiner Aktivität gestiegen. Es scheint hier also

[1]) E. v. Schweidler. Über die Zerfallskonstante des Poloniums. Verh. d. D. Physik. Ges. 14, S. 536—539. 1912.

eine gasförmige aktive Substanz gebildet worden zu sein, die sich im Zylinder ansammelte und die Aktivität erhöhte.

Um über diese Erscheinung Aufschluß zu finden, wurde folgendermaßen verfahren:

Von den Mittelwerten der einzelnen Beobachtungsreihen für alle Beobachtungen (5 bis 13) zwischen dem 22. Nov. 1912 und dem 12. März 1913, in welcher Zeit die Aktivität von P. 5 annähernd konstant blieb, wurde die natürliche Zerstreuung, die regelmäßig vorher bestimmt war, abgezogen. Diese Werte sind in Tab. 12 eingetragen und bedeuten $\frac{\text{Sktle}}{25 \text{ min.}}$ Die natürliche Zerstreuung liegt in diesen Einheiten durchschnittlich bei 300, ist also 2 bis 3 mal so groß als die Aktivität des Präparates P. 5, und es ist erklärlich, daß die Schwankungen der Werte an einem einzigen Tage eine Konstanz oder geringe Zunahme der Aktivität nicht erkennen lassen.

Da jede Beobachtungsreihe 5 Min. und die zwischen zweien liegende Pause 1 Min. dauerte, so liegt jede Beobachtung 6 Min. hinter der vorhergehenden zurück. Nehmen wir an, daß der Mittelwert der ersten Beobachtungsreihe vermindert um die natürliche Zerstreuung den Wert der Aktivität 6 Min. nach dem Einlegen des Präparates ist, so gelten die folgenden für 12, 18, usw. Min. Da die Empfindlichkeit des Elektrometers sich nur wenig änderte, wurde auf eine Umrechnung auf $\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$ verzichtet.

Die untereinanderstehenden Werte für die verschiedenen Beobachtungsreihen wurden zu einem Mittel vereinigt. Eine 12. bis 20. Ablesungsreihe wurde nur am 22. Nov. 12. aufgenommen. Diese Mittel wurden als Ordinaten, die zugehörigen Zeiten als Abszissen in Fig. 2 eingetragen. Es zeigt sich nun, daß die durch diese Punkte gelegte Gerade mit wachsenden Abszissen auch größere Ordinaten gibt, daß also die Aktivität vom Einlegen des Präparats P. 5 in den Zylinder an langsam ansteigt und zwar so, daß sie nach 60 Min. um etwa 30% gewachsen ist.

Tabelle 12.

Datum	Aktivität $\frac{\text{Volt}}{\text{min}}$	Zahl der Beobachtungs-reihen	6 m	12 m	18 m	24 m	30 m	36 m	42 m	48 m	54 m	60 m	66m
22. 11. 12	5,31	20	—	121	115	76	156	145	156	149	104	141	171
1. 12. 12	4,12	10	122	119	109	149	82	113	106	108	104	128	
10. 12. 12	5,27	10	127	219	128	150	148	112	163	139	154		
21. 12. 12	4,07	6	108	69	151	113	146	92					
11. 1. 13	5,31	10	104	159	175	199	143	128	183	88	149	130	
27. 1. 13	4,30	4	119	115	106	75							
4. 2. 13	4,04	4	117	99	50	96	134						
27. 2. 13	5,05	11	103	51	66	107	125	102	151	136	125	110	137
12. 3. 13	4,64	6	107	155	119	108	137	131					
			907	1107	1019	1073	1071	823	759	620	636	509	308
		Mittel:	113	123	113	119	134	118	152	124	127	127	154

Datum	72 m	78 m	84 m	90 m	96 m	102 m	108 m	114 m	120 m
22. 11. 12	180	146	154	153	205	160	134	130	172

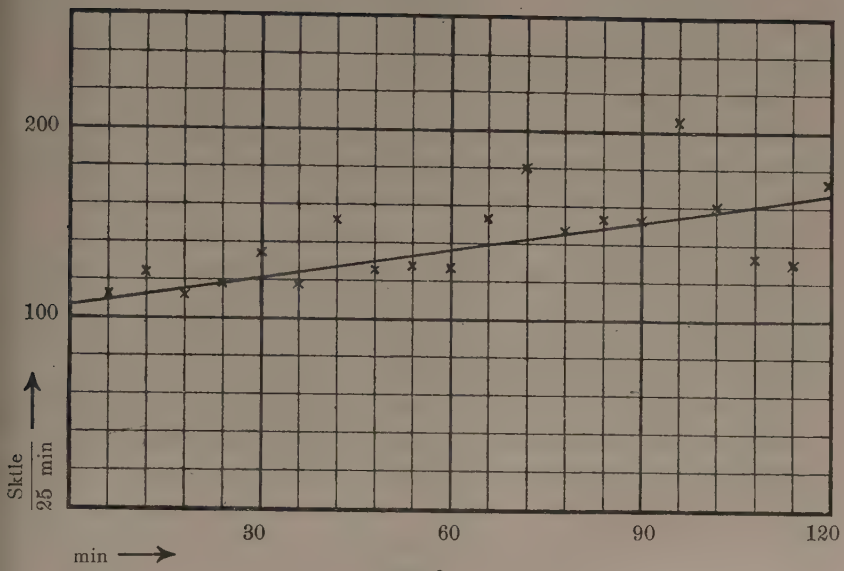

Fig. 2.

Der Versuch, bei P. 6 ein ähnliches Anwachsen der Aktivität zu finden, mißlang. Die Gerade durch die Mitttelwerte liegt parallel der Abszissenachse, d. h. die Aktivität bleibt konstant.

Bei den übrigen Präparaten konnte diese Methode nicht durchgeführt werden, da bei den wenigen Beobachtungen eine Mittelbildung nicht hinreichte, die großen Schwankungen zu verdecken.

Eine Kontrolle bei der natürlichen Zerstreuung ergab nur an Tagen mit besonders hoher natürlicher Zerstreuung ein geringes Abfallen der Ionisation nach kurzem Öffnen des Zylinders, im allgemeinen aber Konstanz, jedenfalls nie eine Zunahme.

Die bei P. 5 beobachtete Zunahme scheint demnach auf eine Emanation zu deuten, die von P. 5 erzeugt wird. Ra Em kommt nicht in Frage, da der Anstieg in der Aktivität von 30 % in einer Stunde viel zu groß ist, um durch Ra Em ver-

ursacht werden zu können. Doch ist auch hier eine Erklärung der Erscheinung vorerst unmöglich.

Da nun die Ergebnisse mehrerer Versuche auf das Vorhandensein einer Emanation hinwiesen, wurde versucht, diese durch einen Luftstrom, der über das verhältnismäßig starke Präparat Ra F 7 in einen Ionisationszylinder (30 cm Höhe, 11 cm Durchmesser) mit axialer Elektrode führte, zur Beobachtung zu bringen. Leider störte dabei die anwesende Ra Em sehr, ebenso bei Versuchen, bei denen Luft durch die Radiobleilösung in den Zylinder geführt wurde. Es wurden verschiedene Male Aktivitäten gemessen, die nur ungenügend durch Ra Em erklärt werden konnten. Da es jedoch nicht gelang, einheitliche Erscheinungen zu beobachten, mußte auf eine Deutung dieser Beobachtung verzichtet werden.

Zusammenfassung.

1. Es konnte gezeigt werden, daß Ra F zwei Unterprodukte liefert, die proportional der verwendeten Ra F-Menge und der Expositionsdauer beim Gegenüberstellen eines Ra F-Präparates und einer inaktiven Platte erhalten werden können.

2. Während das eine Produkt nach einigen Tagen schon vollkommen zerfallen ist, ist bei dem andern eine Abnahme der Aktivität selbst nach mehreren Monaten noch nicht festzustellen.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden von Dez. 1911 bis Juli 1913 im Physikalischen Institute der Universität Halle a. S. ausgeführt.

Es sei mir auch an dieser Stelle gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geh. Reg.-Rat Professor Dr. E. Dorn, für die freundliche Anregung zu dieser Arbeit, sowie für das stete Interesse und die liebenswürdige Förderung der Arbeit meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Lebenslauf.

Ich, Werner Kunze, wurde am 16. August 1890 als Sohn des Lehrers R. Kunze und seiner Ehefrau Marie geb. Vogel zu Eisleben geboren. Ich bin evangelischer Konfession und preußischer Staatsangehörigkeit. Von Ostern 1900 bis Ostern 1906 besuchte ich die Realschule zu Eisleben und dann die Oberrealschule der Frankeschen Stiftungen zu Halle, die ich Ostern 1909 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Darauf widmete ich mich zunächst zwei Semester in Heidelberg und von Ostern 1910 ab in Halle dem Studium der Mathematik und der Naturwissenschaften.

Ich nahm während meines Studiums an den Vorlesungen und Übungen folgender Herren Professoren und Dozenten teil:

in Heidelberg:

Cantor, Becker, Ebler, Koenigsberger, Köhler, Kopff, Lenard, Wolf,

in Halle:

Boeke, Dorn, Gutzmer, Krueger, Menzer, Schmidt, Vorländer, Wangerin, Wigand.

Ihnen allen spreche ich an dieser Stelle meinen ergebensten Dank aus.

Das Examen rigorosum bestand ich am 1. August 1913